

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-29079

(P2000-29079A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

G 0 2 F 1/313

G 0 2 F 1/313

2 H 0 4 7

G 0 2 B 6/12

1/01

C

2 H 0 7 9

G 0 2 F 1/01

G 0 2 B 6/12

H

2 K 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平10-192223

(22) 出願日

平成10年7月8日 (1998.7.8)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 井上 靖之

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 肥田 安弘

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 100083552

弁理士 秋田 収喜

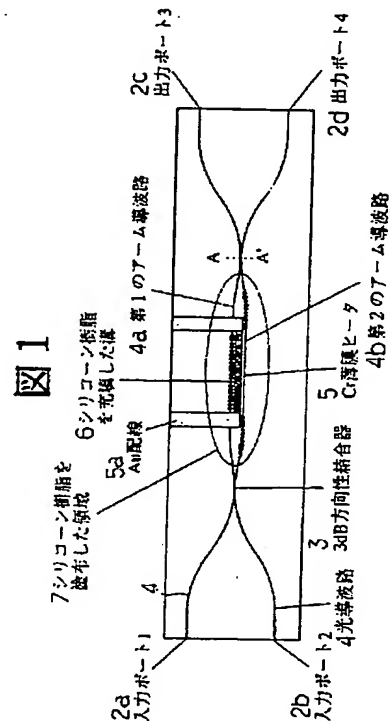
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 熱光学スイッチ

(57) 【要約】

【課題】 導波型光スイッチの省電力化をはかる。

【解決手段】 基板上で2本の導波路を2箇所近接させてなる2つの方向性結合器と、前記方向性結合器を連結する2本のアーム導波路と、前記アーム導波路に熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトする薄膜ヒータからなるマッハツェンダー型の熱光学スイッチにおいて、少なくとも前記熱光学効果を与えるべきアーム導波路の途中に当該アーム導波路を分断する溝が配置され、該溝に前記熱光学効果を与えるべきアーム導波路の熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料が充填されてなる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上で2本の光導波路を2箇所で近接させてなる2つの方向性結合器と、前記方向性結合器を連結する2本のアーム光導波路と、前記アーム光導波路に熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトする薄膜ヒータからなるマッハツェンダー型の熱光学スイッチにおいて、少なくとも前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路の途中に当該アーム光導波路を分断する溝が配置され、該溝に前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路の熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料が充填されてなることを特徴とする熱光学スイッチ。

【請求項2】 基板上で2本の光導波路を2箇所で近接させてなる2つの方向性結合器と、前記方向性結合器を連結する2本のアーム光導波路と、前記アーム光導波路に熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトする薄膜ヒータからなるマッハツェンダー型の熱光学スイッチにおいて、少なくとも前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路の途中に当該アーム光導波路を分断する溝が配置され、該溝に前記熱光学効果を与えるべき前記アーム光導波路の熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料が充填され、前記アーム光導波路及びヒータの外側端部に熱伝導防止用溝が配置されてなることを特徴とする熱光学スイッチ。

【請求項3】 前記2本のアーム光導波路の双方に、2本のアーム間で溝の全長が等しくなるように複数個に分割された溝が配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の熱光学スイッチ。

【請求項4】 前記複数の溝間の間隔が30マイクロメートル(μm)～100マイクロメートル(μm)であることを特徴とする請求項3に記載の熱光学スイッチ。

【請求項5】 前記薄膜ヒータが2本の前記アーム光導波路の外側に配置されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の熱光学スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、石英系光導波路を用いた集積型光スイッチに関し、詳しくは、石英系光導波路の一部に溝を加工し、その溝に有機材料を充填して、その有機材料の熱光学効果を利用してスイッチングを行う熱光学スイッチに関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、石英系光導波路を用いた集積型熱光学スイッチに関しては、例えば M.Okuno et al., "8x8 optical matrix switch using silica-based planar lightwave circuits," IEICE Trans. Electron., vol. 76-C, no. 7, pp. 1215-1223, July 1993. に詳しく述べられている。

【0003】このスイッチを図9に、また図9のC-C'線の拡大断面図を図10に示す。

【0004】これは、2つの方向性結合器を用いたマッ

ハツェンダー干渉計になっており、2本のアーム光導波路4a、4bの光路長差をアーム光導波路の表面に配置した薄膜ヒータで制御することによりスイッチングを行うものである。例えば、薄膜ヒータを駆動していない状態では2本のアーム光導波路4a、4bはその光路長が等しく、入力ポート2aから入射した光は出力ポート2dから出射され、入力ポート2bから入射した光は出力ポート2cから出射される。

【0005】ここで、薄膜ヒータに電流を流し、2本のアーム光導波路4a、4bの光路長差に1/2波長を与えると、入力ポート2aから入射した光は出力ポート2cから出射される。すなわち光のスイッチングが実現される。このスイッチは多段構成による集積化が可能であるため近年の光ネットワーク構築においてそのニーズが高まりつつある。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来技術で紹介した熱光学スイッチでは、およそ0.5ワットの消費電力が必要であった。よって、10個オーダーを同一基板上に集積したものでは数ワットの発熱があった。このようなスイッチを交換機や伝送装置に組み込む際、その実装密度はスイッチ部の発熱量で制限される。このため導波型光スイッチの省電力化が課題となっていた。

【0007】本発明の目的は、導波型光スイッチの省電力化をはかることが可能な技術を提供することにある。本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかになるであろう。

【0008】

【課題を解決するための手段】本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

(1) 基板上で2本の光導波路を2箇所で近接させてなる2つの方向性結合器と、前記方向性結合器を連結する2本のアーム光導波路と、前記アーム光導波路に熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトする薄膜ヒータからなるマッハツェンダー型の熱光学スイッチにおいて、少なくとも前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路の途中に当該アーム光導波路を分断する溝が配置され、該溝に前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路の熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料が充填されてなる。

【0009】(2) 基板上で2本の光導波路を2箇所で近接させてなる2つの方向性結合器と、前記方向性結合器を連結する2本のアーム光導波路と、前記アーム光導波路に熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトする薄膜ヒータからなるマッハツェンダー型の熱光学スイッチにおいて、少なくとも前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路の途中に当該アーム光導波路を分断する溝が配置され、該溝に前記熱光学効果を与えるべき前記アーム

ム光導波路の熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料が充填され、前記アーム光導波路とヒータの外側端部に熱伝導防止用溝が配置されてなる。

【0010】(3) 前記2本のアーム光導波路の双方に、2本のアーム間で溝の全長が等しくなるように複数個に分割された溝が配置されている。

(4) 前記複数の溝間の間隔が30マイクロメートル〜100マイクロメートルである。

(5) 前記薄膜ヒータが2本の前記アーム光導波路の外側に配置されている。

【0011】すなわち、前述の導波型光スイッチの省電力化を図るため、本発明の光スイッチでは、有機材料の大きな熱光学効果を利用する。具体的には、マッハツェンダ干渉計のアーム光導波路に溝を加工し、そこに熱光学効果の大きな有機材料を充填して、その有機材料の温度による屈折率変化を利用して光スイッチを実現する。

【0012】以下、本発明について、図面を参照して実施の形態(実施例)とともに詳細に説明する。なお、実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0013】

【発明の実施の形態】(実施形態1) 図1は本発明による実施形態1の光導波路を用いた熱光学スイッチの概略構成を示す平面図、図2は図1の薄膜ヒータ近傍の拡大図、図3は図1のA-A'線で切った拡大断面図、図4は図2のB-B'線で切った拡大断面図である。

【0014】本実施形態1の熱光学スイッチは、シリコン基板上の石英系光導波路を用いたマッハツェンダ干渉計型のスイッチである。ただし、従来の熱光学スイッチが石英ガラスの熱光学効果を利用していたのに対し、本発明の熱光学スイッチはシリコン樹脂などの有機材料の熱光学効果を利用してスイッチング機能を実現している。

【0015】図1乃至図4において、1は基板(例えばシリコン基板を用いる)、2は入出力ポート、2aは第1の入力ポート、2bは第2の入力ポート、2cは第1の出力ポート、2dは第2の出力ポート、3は方向性結合器(例えば3dBのものを用いる)、4は光導波路(例えば石英系ガラスを用いる)、4aは第1のアーム光導波路、4bは第2のアーム光導波路、4cはクラッドガラス、5は薄膜ヒータ(例えばCrを用いる)、5a、5bは薄膜ヒータの電極、5cは薄膜ヒータ保存膜、6は有機材料(例えばシリコン樹脂を用いる)が充填されている溝、6aはシリコン樹脂、7はシリコン樹脂を塗布した領域である。

【0016】本実施形態1の熱光学スイッチは、図1乃至図4に示すように、基板(シリコン基板)1上で2本の光導波路(石英系光導波路)2を2箇所近接させてなる2つの方向性結合器(3dB)3と、この方向性結

合器3を連結する2本のアーム光導波路4a、4bと、前記アーム光導波路4a、4bに熱光学効果を与えて伝搬光の位相をシフトする薄膜ヒータ(例えばCrを用いる)5からなるマッハツェンダ型の熱光学スイッチであって、少なくとも前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路4a、4bの途中に当該アーム光導波路4a、4bを分断する溝6が配置され、この溝6に前記熱光学効果を与えるべきアーム光導波路4a、4bの熱光学定数より大きい熱光学定数を持つ有機材料が充填されてなる。

【0017】以下に本実施形態1の熱光学スイッチの動作原理を説明する。薄膜ヒータ5の電極5a、5bに電圧を印加しない場合、2本のアーム光導波路4a、4bは、全体として同じ光路長になるように設計されているため、第1の入力ポート2aから入射した光は第2の出力ポート2dから出射される。

【0018】次に、薄膜ヒータ5の電極5a、5bに電圧を印加して加熱すると、図2の斜線で示す領域8の温度が上昇する。この場合、2本のアーム光導波路4a、4bにとって溝6以外の部分は、対象につくられているため光路長差は生じない。しかし、温度上昇がある領域には、第1のアーム光導波路4aにのみ溝6が形成されており、その溝6に充填したシリコン樹脂(有機材料)6aが -3.7×10^4 ($1/^\circ\text{C}$)の熱光学定数を有するのに対して石英系ガラスの熱光学定数が 1×10^5 ($1/^\circ\text{C}$)であるため、2本のアーム光導波路4a、4bに光路長差が発生する。

【0019】本実施形態1では、薄膜ヒータ5の長さを1ミリメートル、溝の長さを15マイクロメートル、溝6の間隔を50マイクロメートル、アーム光導波路4の1本当りの溝6の本数を20本、2本のアーム光導波路4a、4bの間隔を50マイクロメートル、薄膜ヒータ5の幅を20マイクロメートル、溝6の深さを30マイクロメートルに設計した。

【0020】ここで、薄膜ヒータ5をシリコン樹脂(有機材料)6aの真上に配置していない理由は、プロセス的にシリコン樹脂6aの上に薄膜ヒータ5を形成することが難しかったためである。よって、薄膜ヒータ5をシリコン樹脂6aの真上からずらすことは本発明の本質的な項目ではなく、プロセス的に可能になれば、より消費電力の小さな熱光学スイッチが実現される。

【0021】本実施形態1の場合、アーム光導波路4a、4bのコアの位置において約7℃の温度上昇で信号光1.55マイクロメートルの1/2波長の光路長差が生じた。この時の薄膜ヒータ5への供給電力、すなわちスイッチ電力は42ミリワットであった。この値は従来の熱光学スイッチの10分の1以下の値であり、本実施形態1の熱光学スイッチの消費電力が小さいことが確認された。

【0022】図1の第2のアーム光導波路4bに設けた

溝6及びそこに充填したシリコン樹脂6aは、環境温度に依存して2本のアーム光導波路4a、4bの光路長差が生じないため、及び2本のアーム光導波路4a、4bの光損失を等しくするために設けている。

【0023】本発明の熱光学スイッチは、シリコン樹脂の熱光学効果を利用しているため、重要なことは光が伝搬するシリコン樹脂の長さの合計である。したがって、シリコン樹脂6aを充填する溝6は、連結した一つの溝でも良い。

【0024】しかしながら、本実施形態1でそのシリコン樹脂6aを充填する溝6を図2に示すように分割したのは以下の事情によるものである。すなわち、アーム光導波路4a、4bのコアを分断する溝6には光の閉じこめ構造がなく、光の放射損失が生じ、この放射損失は、図5に示すように、溝6の長さとともに指数関数的に増大するものである。

【0025】したがって、目的とする溝6の長さに対して複数個の溝6に分割すれば、1個1個の溝6の損失は小さく抑えられ、全損失は連結した一つの溝の場合よりも小さい。すなわち、300マイクロメートルの溝6よりも15マイクロメートルも溝6が20本あるほうが放射損失が格段に少なくて済む。また、特開平7-56034公報に開示されているように、放射モードとの関係から溝6の間隔は30~100マイクロメートルの時に放射損失が小さくなる。よって、本実施形態1では溝6の長さを15マイクロメートル、間隔を50マイクロメートルと設計した。この時の放射損失は0.6dBであった。この放射損失が本発明のマイナス点である。

【0026】以下に図1に示した熱光学スイッチの作製法を述べる。シリコン基板1上に下部クラッドガラス（透明化後の厚み40マイクロメートル）4c、コアガラス（透明化後の厚み7マイクロメートル）を火炎堆積法で堆積する。それを1000℃以上の高温で透明化した後、フォトリソグラフィ法と反応性イオンエッチング法でアーム光導波路4a、4bのコアガラスをパターン化する。さらに、上部クラッドガラス（透明化後の厚み20マイクロメートル）4cを火炎堆積法で堆積、透明化することによって埋め込み光導波路4a、4bを形成する。

【0027】次に、真空蒸着法でCr及びAuを堆積し、その堆積したCr及びAuをフォトリソグラフィ法とウェットエッチング法により薄膜ヒータ5及び電気配線を形成する。必要に応じて、保護膜5cとしてのSiO₂を2マイクロメートル程度スパッタ法で薄膜ヒータ5の表面に堆積する。ここまでは、従来の熱光学スイッチの作製法と同じである。

【0028】本発明では、さらに、リソグラフィ法と反応性イオンエッチング法により溝6を加工し、その溝6にシリコン樹脂を充填している。本実施形態1では、コアとクラッドの屈折率差を0.45%に設定した。

【0029】（実施形態2）図6は本発明の実施形態2の熱光学スイッチの薄膜ヒータ付近の概略構成を示す平面拡大図である。本実施形態2の熱光学スイッチの構造は、図6に示すように、ほとんど前記実施形態1と同じであるが、アーム光導波路4a、4b及び薄膜ヒータ5の外側端部に新たに溝9を配置している点が異なる。新たに溝9を追加した理由は不要な領域への熱の拡散を防ぐことを目的としている。

【0030】シリコン樹脂は石英系ガラスに比べて熱伝導率が低いため、本実施形態2で新たに追加した溝9を設けることにより、薄膜ヒータ5の加熱領域を限定することができスイッチ電力を約1割低減して、約38ミリワットにすることができた。

【0031】本実施形態2では、作製の容易さから溝の中にシリコン樹脂が充填されているが、より好ましくは新たに追加した溝の中は熱伝導率の小さな空洞になっているほうが好ましい。

【0032】（実施形態3）図7は本発明の実施形態3の熱光学スイッチの概略構成を示す平面図である。本実施形態3の熱光学スイッチは、図7に示すように、前記実施形態1と比較して溝6及び薄膜ヒータ5の配置、さらにアーム光導波路4a、4bの間隔が異なる。薄膜ヒータ5は、2本のアーム光導波路4a、4bの間ではなく、その外側に配置した。本実施形態3では、薄膜ヒータ5によって誘起した2本のアーム光導波路4a、4bの温度差を利用する。このため2本のアーム光導波路4a、4bの間隔を125マイクロメートルと設計した。

【0033】その他、薄膜ヒータ5の長、溝6の長さ、溝6の間隔、溝6の本数、薄膜ヒータ5の幅、溝6の深さは、前記実施形態1と同じ値に設計した。この時のスイッチ電力は88ミリワットと前記実施形態1に比較するとやや大きな値ではあるが、従来型に比べると1/5以下の値であった。

【0034】（実施例4）図8は本発明の実施形態4の熱光学スイッチの概略構成を示す平面図である。本実施形態4の熱光学スイッチの構造は、図8に示すように、ほとんど前記実施形態4と同じであるが、薄膜ヒータ5の外側とアーム光導波路4aと4bの間に新たに溝9を配置している点が異なる。その理由は、加熱領域を限定して不要な領域への熱の拡散を防ぐことを目的としている。この構造によりスイッチ電力を2割程度低減して約70ミリワットにすることができた。

【0035】前記実施形態では、2つのアーム光導波路4aと4bは溝の長さを総和で等しくしたため、2つのアーム光導波路4aと4bで光路長差が0となり、薄膜ヒータ5への電圧印加がない状態でクロス出力（図1の第1の入力ポート2aから第2の出力ポート2d）が実現された。

【0036】さらに、「環境温度に依存して2本のアーム光導波路4aと4bとの光路長差が生じない」「2本

のアーム光導波路4aと4bとの損失が等しい」という利点があった。しかしながら、マッハツェンダ型の熱光学スイッチでは、必ずしも電圧を印加しない状態で2本のアーム光導波路4aと4bとの位相差を0にしておく場合だけではなく、例えば、2本のアーム光導波路4aと4bとの位相差を1/2波長に設定して薄膜ヒータ5への電圧印加がない状態でスルー出力(図1の第1の入力ポート2aから第1の出力ポート2c)にする必要があることもある。

【0037】この場合は、熱光学効果が比較的小さい石英系光導波路の光路長差を1/2波長設けることにより、「2本のアーム光導波路4aと4bとの光路長差が環境温度にほとんど依存しない」スイッチが実現できる。

【0038】以上、本発明を、前記実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【0039】例えば、前記実施形態では、有機材料としてシリコン樹脂を用いたが、これに限らず熱光学定数(屈折率の温度変化)が光導波路の熱光学定数より大きなものであれば良いことは明らかである。一般に、有機材料の屈折率は負の値を示し、その絶対値は石英系光導波路の10倍以上大きな温度計数を示すものが多く、シリコン以外の種々のものが適用できる。

【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、消費電力が少なく集積化が可能な熱光学スイッチが実現された。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施形態1の光導波路を用いた熱光学スイッチの概略構成を示す平面図である。

【図2】図1の薄膜ヒータ近傍の拡大図である。

【図3】図1のA-A'線で切った拡大断面図である。

【図4】図2のB-B'線で切った拡大断面図である。

【図5】溝の深さと光の放射損失との関係を示す図である。

【図6】本発明の実施形態2の熱光学スイッチの薄膜ヒータ付近の概略構成を示す平面拡大図である。

【図7】本発明の実施形態3の熱光学スイッチの概略構成を示す平面図である。

【図8】本発明の実施形態4の熱光学スイッチの概略構成を示す平面図である。

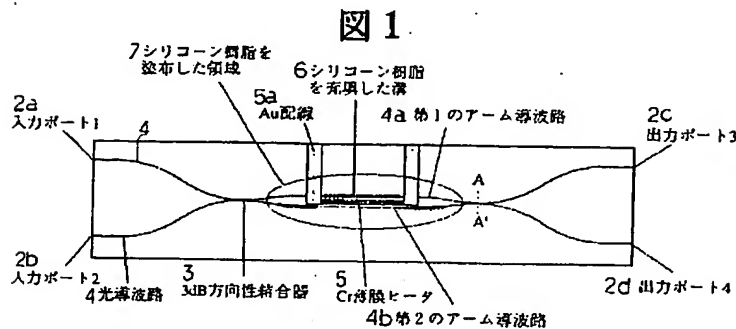
【図9】従来の石英系光導波路を用いた集積型光スイッチの全体図である。

【図10】図9のC-C'線の拡大図である。

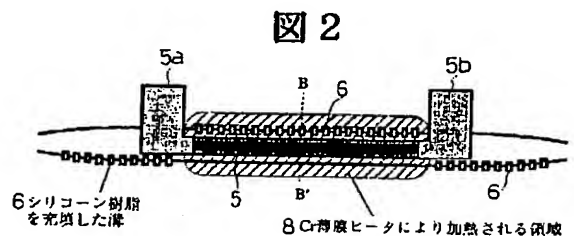
【符号の説明】

1…基板、2…光導波路、2a…第1の入力ポート、2b…第2の入力ポート、2c…第1の出力ポート、2d…第2の出力ポート、3…方向性結合器、4…光導波路、4a…第1のアーム光導波路、4b…第2のアーム光導波路、4c…クラッドガラス、5…薄膜ヒータ、5a、5b…薄膜ヒータの電極、5c…薄膜ヒータ保護膜、6…有機材料が充填され、アーム光導波路の途中に配置された溝(アーム光導波路分断用溝)、6a…シリコン樹脂、7…シリコン樹脂塗布領域、8…薄膜ヒータにより加熱される領域、9…熱伝導防止用溝。

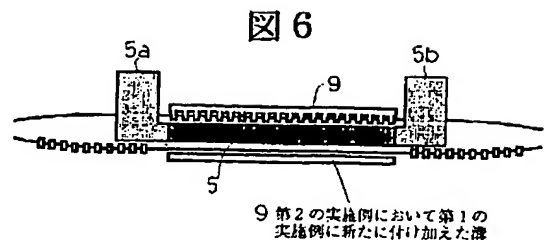
【図1】



【図2】

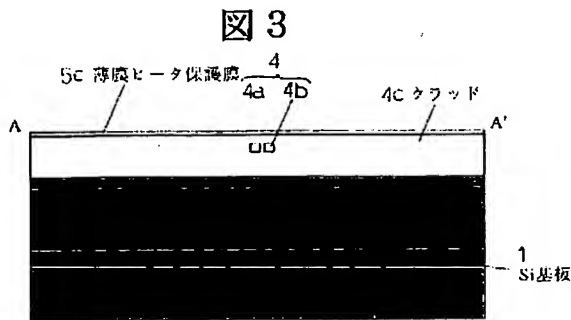


【図6】

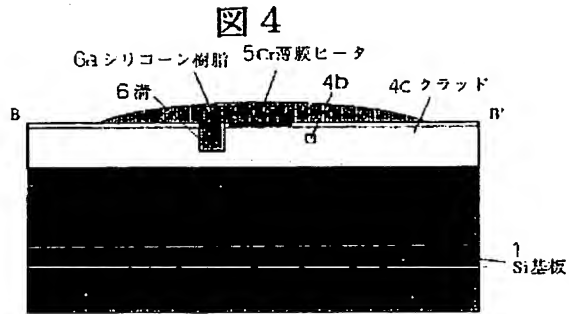


BEST AVAILABLE COPY

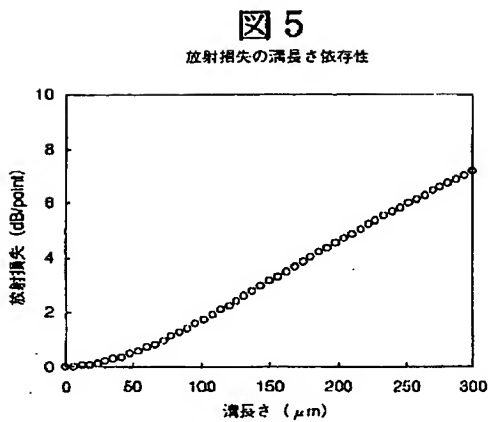
【図3】



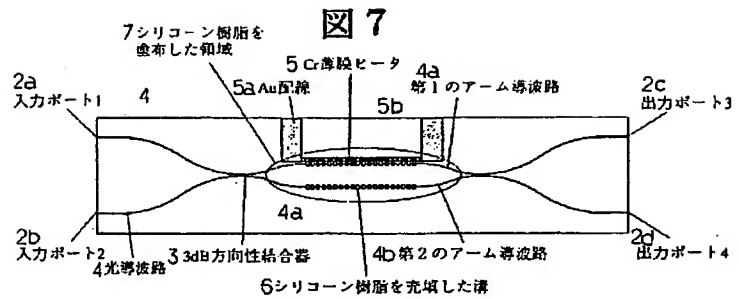
【図4】



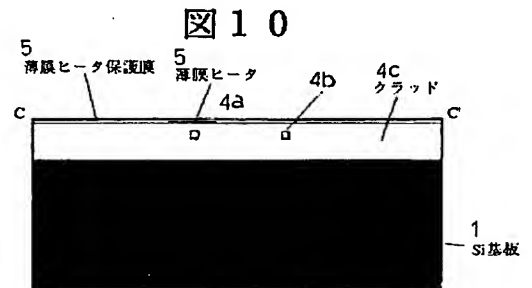
【図5】



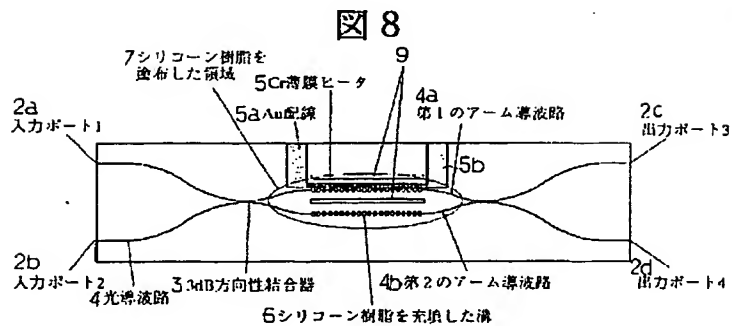
【図7】



【図10】

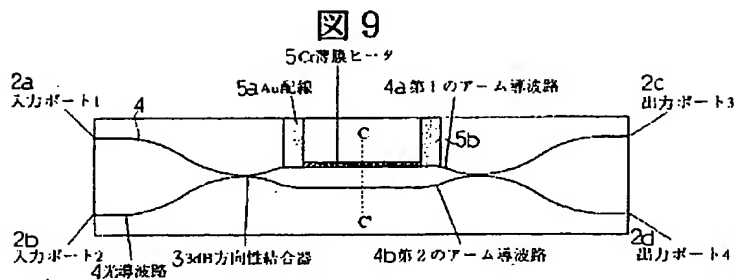


【図8】



BEST AVAILABLE COPY

【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 杉田 彰夫
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H047 AA03 AB04 DD01 EE03 EE12
EE24 GG04 GG05 III08
2H079 AA06 BA03 CA05 DA03 DA17
DA22 EA04 HA22 JA03 JA07
2K002 AB04 AB13 BA13 CA02 CA06
CA22 DA07 EA04 FA06 FA17
HA11

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)